

Distribuição de knickpoints em uma rede fluvial em domínio de escarpa, contato litológico e falhas geológicas: o caso do ribeirão das Laranjeiras (Estado de São Paulo, Brasil)

Katiúcia.S. Silva^(a), Déborah Oliveira^(b), António Gomes^(c)

^(a) Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, katiucia_sousa@hotmail.com

^(b) Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, debolive@usp.br

^(c) Departamento de Geografia da Faculdade de Letras, Universidade do Porto, CEGOT, Universidade do Porto, albgomes@gmail.com

Resumo

Nesta investigação analisam-se os perfis longitudinais e a ocorrência de *knickpoints* na bacia hidrográfica do ribeirão das Laranjeiras, localizada no estado de São Paulo, Brasil. A bacia abrange a frente de uma longa escarpa que separa uma área interplanáltica continental, formada pelo Planalto de Ibiúna e o Planalto Paulistano, a qual mostra evidências da interação entre a erosão, as falhas geológicas e a litologia. A metodologia baseou-se na análise da rede de drenagem e nas anomalias que esta exhibe com técnicas morfométricas, perfis longitudinais e Índice de Concavidade, atreladas à interpretação dos dados geológicos e hipsométricos. Os resultados revelam que os *knickpoints* se concentram não apenas junto dos limites de níveis de base, mas também nos contatos litológicos e nos traços de falhas antigas e recentes.

Palavras-chave: escarpa, *knickpoints*, falhas geológicas, erosão diferencial, ribeirão das Laranjeiras.

1. Introdução e objetivos

O Sudeste do Brasil é uma região de desenvolvimento geológico e geomorfológico complexo. A sucessão de eventos geológicos que ocorreu a partir do Pré-Cambriano, somada a pelo menos duas etapas posteriores de ativação tectônica resultou em uma configuração geológica particular num domínio de margem continental passiva (Riccomini, 1988; Zalán e Oliveira, 2005). A influência climática também é determinante sobre esse embasamento por meio da meteorização acelerada das rochas e a abundante precipitação (superior a 1000mm/ano), que alimenta uma incisão fluvial pronunciada, tornando a interpretação da evolução do relevo um desafio complexo (Silva, 2013).

Nesse contexto, a rede de drenagem reflete a interação entre litologia, tectônica antiga/recente e clima, elementos em jogo na configuração geomorfológica das bacias hidrográficas da região. Nas áreas de escarpamentos (tanto de origem tectônica quanto erosional), a rede fluvial experimenta processos de reorganização de drenagem, que podem ser inferidos pela análise da distribuição de *knickpoints* (KPs) e pelo arranjo da rede hidrográfica atual.

O objetivo deste trabalho é interpretar a distribuição de *knickpoints* em uma bacia hidrográfica no Estado de São Paulo (Brasil), entre uma área interplanáltica continental, formada pelos Planalto de Ibiúna e Planalto Paulistano. Estes dois compartimentos morfológicos são mediados por uma escarpa orientada a NE-SW, a qual separa dois níveis de aplanamento em um contraste altimétrico de 200 a 300 metros. A bacia do ribeirão das Laranjeiras ocupa esta interface, capturando parte da drenagem do planalto de maiores altitudes (Planalto de Ibiúna). Parte

desse processo é influenciada pela composição do substrato rochoso, dividido em dois grupos litológicos principais: granitos/granodioritos e migmatitos. Além disso, falhas antigas e recentes favorecem o processo de captura por recuo de cabeceiras, acelerando o entalhamento fluvial. A bacia possui ainda a singularidade de ser atravessada por um corredor tectônico em direção NW-SE, direção pouco usual para as falhas antigas do embasamento cristalino regional (Silva, 2013).

2. Área de estudo

A bacia do ribeirão das Laranjeiras está localizada no leste do Estado de São Paulo (Brasil), entre os municípios de Juitiba, Ibiúna e São Lourenço da Serra. Em seu curso de 44 km, o canal deságua no rio Juquiá, tributário do rio Ribeira, responsável pela drenagem do setor centro-sul do Estado para o Atlântico. Ao norte, limita-se com as bacias dos rios Sorocabaçu e Sorocamirim que drenam para o interior do Estado.

As cabeceiras estão numa altitude que varia entre 800 e 1200 metros, e coincidem, majoritariamente, com a escarpa que marca o contato entre o Planalto de Ibiúna e o Planalto Paulistano, conhecida como Serra de Paranapiacaba (Figura 1). A morfologia de suas vertentes difere entre si, caracterizando-se por perfis retilíneos e vales fechados no primeiro (com altitudes de 800 a 1200 metros), enquanto formas mais suavizadas, com perfis côncavos a retilíneos e vales fechados e abertos predominam no Planalto Paulistano, o qual possui altitudes entre 660 a 700-780 metros na região (Ponçano et al., 1981a).

É também no limite desses planaltos que ocorre o contato litológico entre Granitos e Granodioritos normais ou gnáissicos do Planalto de Ibiúna, e os Migmatitos e Gnaisses graníticos do Planalto Paulistano. Esses compartimentos litológicos são atravessados por falhas transcorrentes do Pré-Cambriano – a Zona de Cisalhamento de Caucaia (Ponçano et al., 1981b), e outras provavelmente mais recentes. A escarpa da Serra de Paranapiacaba é da ordem de 300 metros de altura, e orientada à NE-SW, conforme a disposição de outras serras e falhamentos do Sudeste Brasileiro. Em contrapartida, é cortada transversalmente por um importante corredor tectônico, denominado aqui como Falha de Itanhaém, em direção NW-SE, a qual desperta interesse por sua extensão (cerca de 60 km) e estilo estrutural (transcorrente dextral); pela direção contrária ao padrão mais amplamente registrado neste setor continental; o truncamento de duas serras; e sobretudo, pelo condicionamento que exerce sobre os leitos do ribeirão das Laranjeiras e do rio Sorocabaçu (Silva, 2013).

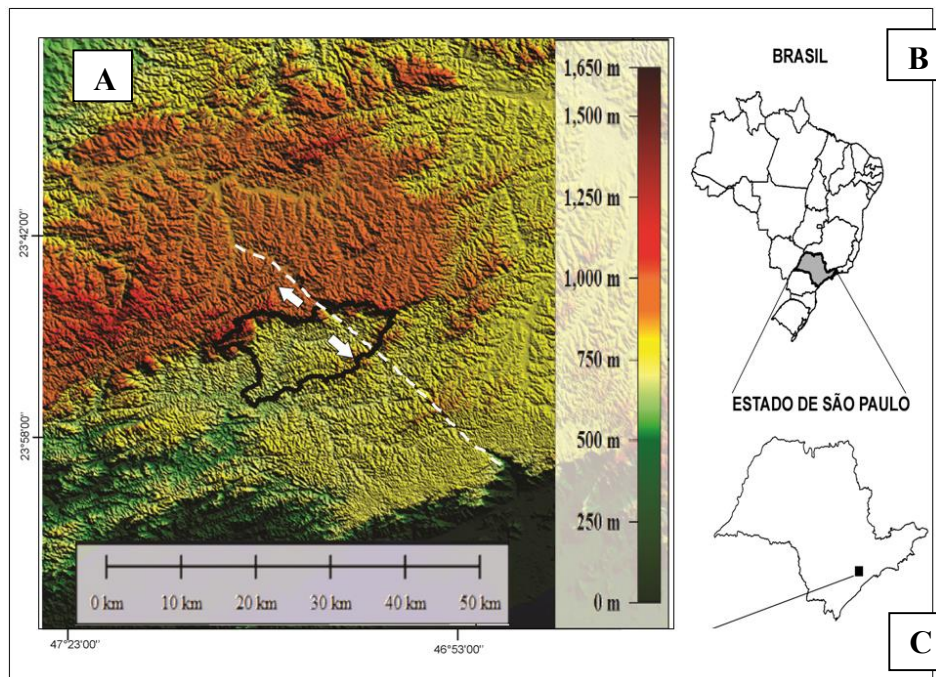


Figura 1: A - Localização da área de estudo e carta hipsométrica da região da bacia da Ribeira das Laranjeiras. O Planalto de Ibiúna corresponde aos tons em laranja e vermelho, enquanto o Planalto Paulistano, em altitudes mais baixas, aos tons de amarelo. O limite preto identifica a bacia do ribeirão das Laranjeiras. O tracejado branco indica a Falha de Itanhaém, intermediando duas drenagens em direções opostas; B e C – localização da área estudada.

3. Metodologia

A metodologia aplicada baseou-se no delineamento da rede fluvial sobre cartas topográficas disponíveis para a área, em escala 1:50.000. Em ambiente SIG, foram detectadas e inventariadas as rupturas de declive no eixo dos canais, de modo a identificar padrões de distribuição em grupos de canais de 5ª, 4ª e 3ª ordem, e suas sobreposições em áreas de falhas geológicas e contatos litológicos. A avaliação de eventuais padrões foi feita por meio de perfis longitudinais dos canais, gráficos de distribuição de *knickpoints* e o cálculo do Índice de Concavidade (IC). Este parâmetro mensura numericamente o encurvamento do perfil, estabelecendo que quanto maior a concavidade e mais próximo ao valor de 1, maior a erosão da bacia.

4. Resultados

O perfil longitudinal do ribeirão das Laranjeiras, rio de 5ª ordem, é bastante côncavo, com uma curva em sentido a um perfil de equilíbrio. Corroborado pelo alto IC (0.75), isto indica que o rio está num estágio de incisão fluvial avançada, tendo esculpido profundamente suas formas mais elevadas. Porém, o canal ainda possui rupturas de declive, especialmente no médio e alto cursos (760-770m, 830-840m, 895-900m e 975-980m). Esses *knickpoints* representam a mudança de nível de base nas cabeceiras, em transição abrupta dos morros para as planícies fluviais que abrangem o médio e baixo curso do rio.

Facto semelhante é demonstrado nos perfis longitudinais dos 6 canais de 4ª ordem. De acordo com a variação do IC, estes perfis foram divididos nos seguintes grupos de curvas: fortemente côncavas (4 ocorrências), fracamente côncavas (1 ocorrência) e mistas (1 ocorrência), conforme a figura 2.

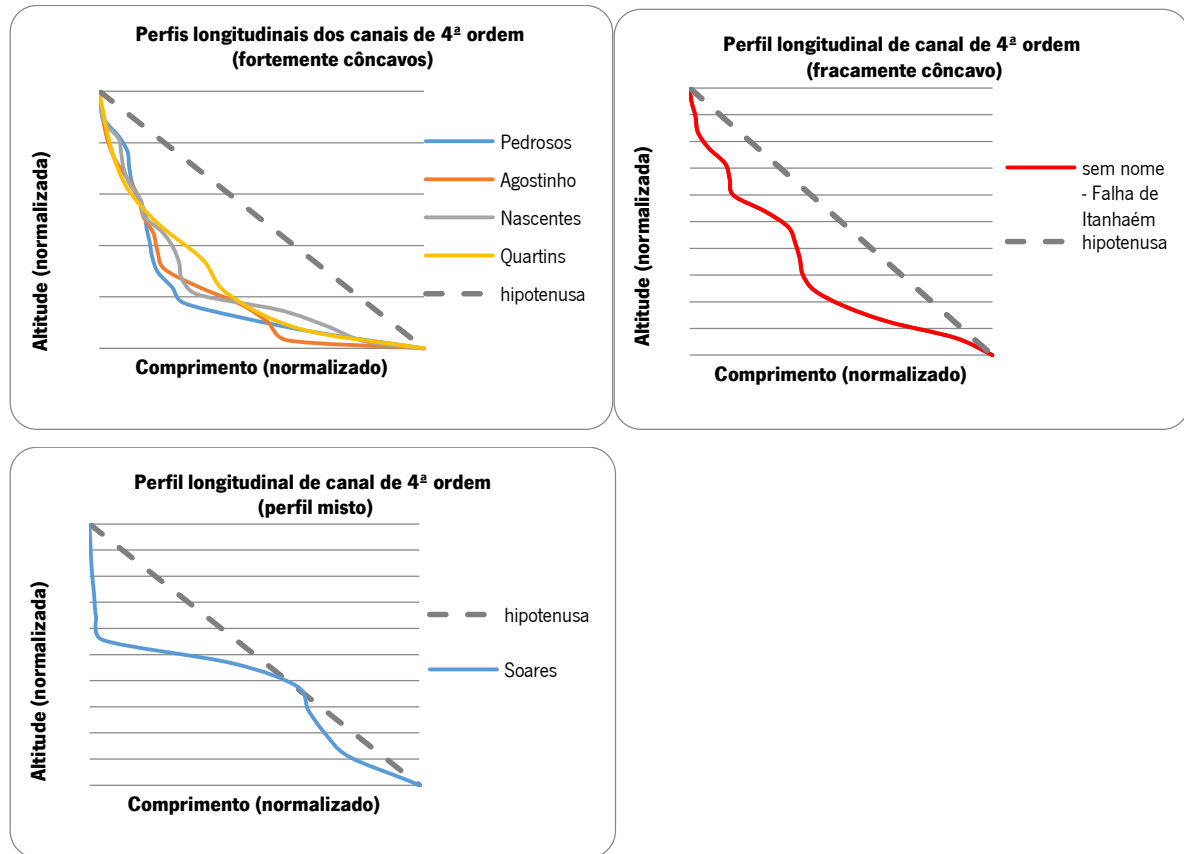


Figura 2 - Perfis longitudinais dos canais de 4ª ordem.

No 1º grupo, os perfis possuem um encurvamento expressivo, com ICs entre 0.53 e 0.61, e diversas rupturas de declive, indicando a propagação de *KPs* para montante. Estes perfis representam um estágio de incisão fluvial mais avançada, que pode se relacionar ao duo declividade/erosão, ou mesmo à maior resistência das rochas do substrato. O 2º grupo é composto apenas pelo canal encaixado na Falha de Itanhaém. Com um baixo IC (0.39), indica que o entalhamento do canal é recente ou foi rejuvenescido. Isto pode se relacionar a um rearranjo de drenagem, pela incisão da escarpa e captura de canais do Planalto de Ibiúna. Já o último grupo está ligado à existência de um reservatório na foz do canal.

No caso das 32 linhas d'água de 3ª ordem, houve 9 ocorrências entre os perfis fortemente côncavos, 17 ocorrências entre os fracamente côncavos, 5 ocorrências entre os mistos e apenas 1 entre os perfis côncavos (figura 3).

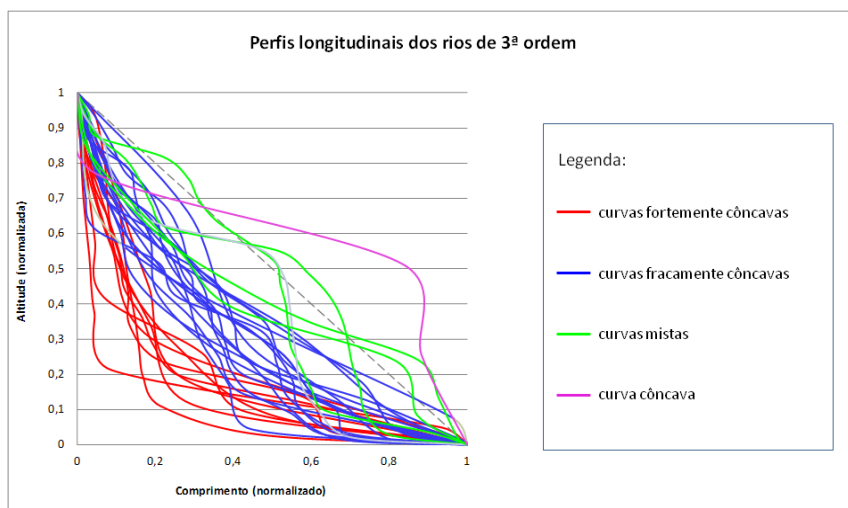


Figura 3 - Perfis longitudinais dos canais de 3ª ordem, agrupados segundo seu grau de concavidade.

Os *KPs* dos canais de 4ª ordem se concentram entre 760-1000 metros, na faixa de transição interplanáltica, a qual corresponde aproximadamente ao contato litológico entre granitos e migmatitos/gnaisses graníticos. Os *KPs* das bacias de 3ª ordem possuem distribuição menos equilibrada, com mais ocorrências na faixa de 700 metros, e decréscimo progressivo até a faixa de 1000 metros. Geralmente, ocorrem em zonas de contato litológico e no eixo de falhas menores, da Zona de Cisalhamento de Caucaia (Cambriano).

A distribuição dos *KPs* se relaciona aos distintos níveis de base (escarpa), à litologia e à tectônica. A escarpa é, antes de tudo, condicionada pela erosão diferencial entre granitos e migmatitos. Estes últimos, de médio grau metamórfico, aparentemente, seriam mais susceptíveis à erosão por seu bandeamento e xistosidade, que facilitam a penetração da água e meteorização da estrutura, contrastando com a resistência imposta pelos Granitos (Figura 4). A erosão diferencial causaria o rebaixamento superficial da rocha, gerando um desnível altimétrico e rupturas de declive na drenagem que cruza os contatos litológicos. Em campo, esse processo foi reconhecido pela presença de quedas d'água e corredeiras.

Entretanto, esse recuo erosivo também é afetado por prováveis reajustes de blocos ativos entre o Pré-Cambriano e o Cenozóico, como é demonstrado pela Falha de Itanhaém. Essa falha acelera o truncamento da frente montanhosa, em forma de fenda, de maneira mais pronunciada que as falhas antigas (direcionadas à NE-SW, enquanto a de Itanhaém está à NW-SE), a ponto de encaixar os leitos de dois rios de ordem elevada para a região (5ª ordem). Seu estilo estrutural (transcorrente dextral) é um diferencial na região, onde predominam as falhas transcorrentes paleozóicas reativadas como normais no Mesozóico (Zona de Cisalhamento de Caucaia).

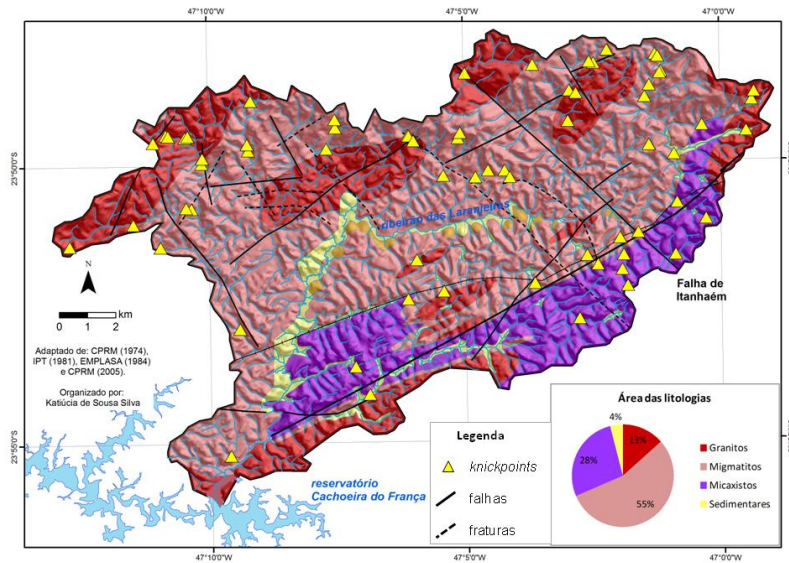


Figura 4 - Distribuição dos *knickpoints* na bacia do ribeirão das Laranjeiras, e geologia/tectônica local. Os traços escuros destacam as falhas tectônicas principais (em NE-SW, as falhas da Zona de Cisalhamento de Caucaia).

O entalhamento fluvial em traços de falha e fraturas, como as do Cambriano, é responsável pelo aspecto recortado da frente montanhosa, seguindo muitas vezes suas respectivas tendências direcionais. A rede fluvial adaptou-se ao substrato litológico, promovendo a incisão da escarpa com as linhas d'água de 1ª, 2ª e 3ª ordem, evoluindo para sistemas de ordem superior. A conjunção desses processos configura esta notável feição geomorfológica no interior do Planalto Atlântico.

5. Agradecimentos

Ao Santander Universidades e à CAPES, que permitiram a cooperação entre as Universidades envolvidas.

6. Referências

- Ponçano, W.L. (1981a). Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Volume I. Escala 1:500.000. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- Ponçano, W.L. (1981b). *Mapa geológico do Estado de São Paulo. Nota Explicativa*. Escala 1:1000.000. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- Riccomini, C. (1989). *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Silva, K.S. (2013). *Influência litoestrutural na reorganização da drenagem e na retração erosiva de uma escarpa: um registro de capturas fluviais no ribeirão das Laranjeiras (Juquitiba, Ibiúna, São Lourenço da Serra-SP)*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Zalán, P.V.; Oliveira, J.A.B. (2005). Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 13 (2): 269-300.